



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0086449
(43) 공개일자 2011년07월28일

(51) Int. Cl.

H04W 16/08 (2009.01) H04B 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0006189

(22) 출원일자 2010년01월22일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전 유성구 가정동 161번지

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

서중필

인천 남구 주안6동 더월드스테이트 129동 2802호

정재학

서울 서초구 서초2동 무지개아파트 3동 1207호

김현수

충남 논산시 내동 동신아파트 101동 402호

(74) 대리인

팬코리아특허법인

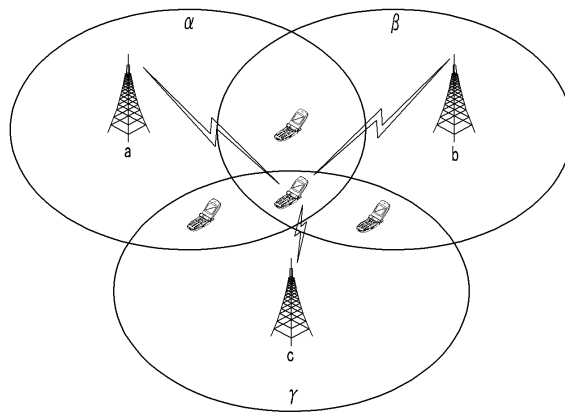
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 부분공간 간섭 정렬 방법

(57) 요약

이동국이 자신이 위치하는 셀의 기지국으로부터 신호를 수신하는 경우, 부분공간의 간섭을 정렬하는 방법은 이동국이 속한 셀의 채널과 인접 셀의 기지국과의 채널을 통해 채널을 분리하고, 각 셀 별로 사용할 참조 벡터를 각각 직교하는 벡터로 설정한다. 다음, 참조 벡터를 이용하여 이동국에 해당하는 송신 벡터를 설정하고, 송신 벡터를 이용하여 데이터를 전송하고, 수신시에는 수신 벡터를 이용하여, 간섭 신호에 해당하는 부분공간을 정렬한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

이동국이 자신이 위치하는 셀의 기지국으로부터 신호를 수신하는 경우, 부분공간의 간섭을 정렬하는 방법에 있어서,

상기 이동국이 속한 셀의 채널과 인접 셀의 기지국과의 채널을 통해 채널을 분리하는 단계,

각 셀 별로 사용할 참조 벡터를 직교 벡터로 설정하는 단계,

상기 참조 벡터를 이용하여 상기 이동국에 해당하는 송신 벡터를 설정하는 단계,

상기 송신 벡터를 이용하여 전송하는 단계, 그리고

수신시 상기 간섭 신호에 해당하는 부분공간을 수신 벡터를 이용하여 정렬하는 단계

를 포함하는 부분공간 간섭 정렬 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 부분공간 간섭 정렬 방법에 관한 것이다. 특히 본 발명은 직교화된 참조 벡터를 이용하는 부분공간 간섭 정렬 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 주파수 재사용률(frequency reuse factor)이 1인 예를 들어, 와이브로 WiBro(Wireless Broadband)(IEEE 802.16e)와 같은 시스템은 각각의 셀이 주파수 효율을 위해 동일한 주파수를 동시에 사용한다. 이때, 각 셀은 동일한 주파수를 사용한다. 그러면, 셀 경계에서는 인접 셀로 인한 간섭이 심각해지며, 전체 시스템의 합용량은 커지지 않는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 주파수 재사용률이 1인 환경 내에서 효율적으로 간섭을 제어하는 방법이 필요하다.

[0003] 현재, 셀 간 간섭을 제어하는 방법은 소프트 주파수 재사용(Soft Frequency Reuse, 이하 "SFR"라고 함)방법, 멀티 셀(Multi-cell) MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 방법 등이 있다.

[0004] SFR 방법은 3GPP (3rd Generation Partnership Project) LTE(Long-Term Evolution) 표준안에서 제안하고 있다.

[0005] 구체적으로, SFR 방법은 셀을 안쪽 셀과 바깥쪽 셀로 구분하여 안쪽 셀은 전체 대역을 모두 할당하고 바깥쪽 셀은 부 대역을 할당하는 방법이다. SFR 방법은 바깥쪽 셀의 사용자가 적은 경우, 남는 자원을 안쪽 사용자가 빌려 쓸 수 있는 장점이 있다. 하지만, 바깥쪽 사용자가 많은 경우에는 안쪽의 자원을 빌려오지 못하기 때문에 부분 주파수 재사용(Fractional Frequency Reuse, 이하 "FFR"라고 함) 방법과 마찬가지로 사용자 분포 불균형에 따른 주파수 효율이 낮아지는 단점이 있다.

[0006] 멀티 셀 MIMO 방법은 LTE-Advanced 표준안에서 제안하고 있다. 구체적으로, 멀티 셀 MIMO 방법은 일대일 MIMO 기술을 응용하여 셀 경계에 위치한 사용자에 대해 하향 링크의 성능을 향상시키는 방법으로 Coordinated Multipoint Transmission(CoMP)라고도 한다.

[0007] 이러한, 멀티 셀 MIMO 방법은 인접한 둘 이상의 셀의 기지국이 협력 통신을 통해 성능을 향상시키고 간섭을 억제한다. 그러나, 멀티 셀 MIMO 방법은 협력하는 셀 간에 모든 사용자들에 대한 전송 데이터 자체를 공유하기 위한 오버헤드와 시간 지연이 발생하는 문제점이 있다.

[0008] 이러한 문제점을 해결하는 제어 방법은 여러 사용자가 존재하는 간섭 채널 환경에서 간섭을 완벽히 제거하는 것이 아니라 다른 사용자의 간섭을 하나로 정렬시켜서 전체 시스템의 합용량을 향상시키는 간섭 정렬(interference alignment) 방법이 있다.

[0009] 간섭 정렬 방법은 송신단의 개수에 상관없이 모든 사용자가 다른 사용자들로부터의 간섭을 가용한 자유도(degree of freedom, 이하 "DOF"라고 함)의 절반 내에 위치함으로써, 나머지 절반의 차원 내에서는 간섭이 없는

통신을 할 수 있는 방법이다. 여기서, DOF는 송수신 노드 간에 존재할 수 있는 채널의 수이다.

[0010] 반면에, 간섭의 영향을 받는 인접 셀 내의 다수의 수신단이 존재할 경우에는 상호간의 채널 정보를 알아야 하는 문제점이 있으므로, 분산 네트워크가 아닌 셀룰러 통신 환경에 적용하기가 어려운 문제점이 있다.

[0011] 이러한 문제점을 보완하는 방법으로는 부분공간 간섭 정렬 방법이 있다. 부분공간 간섭 정렬 방법은 각 사용자의 채널 행렬을 크로네커 곱 형태를 갖는 두 개의 행렬로 분해함으로써, 인접 셀로부터의 간섭을 전체 수신 신호 공간 내에서 다차원을 갖는 부분공간으로 정렬한다. 하지만, 부분공간 간섭 정렬 방법은 채널 분해시 발생하는 오차와, 채널 추정시 발생하는 오차, 그리고 실제채널이 시변동하여 추정채널과 다른 오차에 의하여 성능이 떨어지는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상향 링크 시 인접 셀 간 간섭(inter-cell interference)을 제어하는 경우, 채널 분해시 발생하는 오차, 채널 추정시 발생하는 오차, 그리고 실제채널이 시변동하여 추정채널과 다른 오차를 방지하는 부분공간 간섭 정렬 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른, 이동국이 자신이 위치하는 셀의 기지국으로부터 신호를 수신하는 경우, 부분공간의 간섭을 정렬하는 방법은

[0014] 상기 이동국이 속한 셀의 채널과 인접 셀의 기지국의 채널을 통해 채널을 분리하는 단계, 각 셀 별로 사용할 참조 벡터를 직교 벡터로 설정하는 단계, 상기 참조 벡터를 이용하여 상기 이동국에 해당하는 송신 벡터를 설정하는 단계, 상기 송신 벡터를 이용하여 전송하는 단계, 그리고 수신 벡터를 이용하여, 상기 간섭 신호에 해당하는 부분공간을 정렬하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 실시예에 따르면, 각 셀마다 서로 직교하는 참조 벡터를 사용하여 보다 효율적으로 부분공간 간섭 정렬을 할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 부분공간 간섭 정렬을 통해 실제 무선 환경에서 발생하는 채널 분리 오차와 채널 추정 오차에 따른 합용량 성능 열화를 개선시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 복수개의 셀 환경에서의 간섭 환경을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 시스템을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 4a 내지 도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법의 합용량을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0018] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0019] 본 명세서에서 이동국(Mobile Station, MS)은 단말(terminal), 이동 단말(Mobile Terminal, MT), 가입자국(Subscriber Station, SS), 휴대 가입자국(Portable Subscriber Station, PSS), 사용자 장치(User Equipment, UE), 접근 단말(Access Terminal, AT) 등을 지칭할 수도 있고, 단말, 이동 단말, 가입자국, 휴대 가입자국, 사

용자 장치, 접근 단말 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.

[0020] 본 명세서에서 기지국(Base Station, BS)은 접근점(Access Point, AP), 무선 접근국(Radio Access Station, RAS), 노드B(Node-B), eNB(Evolved Node-B), 송수신 기지국(Base Transceiver Station, BTS), MMR(Mobile Multihop Relay)-BS 등을 지칭할 수도 있고, 접근점, 무선 접근국, 노드B, eNB, 송수신 기지국, MMR-BS 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.

[0021] 이하에서는, 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법에 대하여 첨부한 도면을 참고로 하여 상세히 설명한다.

[0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 복수개의 셀 환경에서의 간섭 환경을 나타내는 도면이다.

[0023] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법은 일반적인 다중 셀에서 적용이 가능하다.

[0024] 도 1을 참고하면, 부분공간 간섭 정렬 방법은 예를 들어, 셀이 3개인 경우 각 셀 내에 K명의 사용자 즉, 이동국이 있는 경우에 적용할 수 있다. 이때, 3개의 셀은 제1 셀(α), 제2 셀(β) 및 제3 셀(γ)을 포함한다. 또한, 기지국은 제1 셀에 위치하는 제1 기지국(a), 제2 셀에 위치하는 제2 기지국(b) 및 제3 셀에 위치하는 제3 기지국(c)을 포함한다.

[0025] 이러한, 환경에서 부분공간 간섭 정렬 방법을 아래와 같이 정의할 수 있다.

[0026] 1. 부분공간 간섭 정렬 방법

[0027] 먼저, 각 다중 셀의 상향 링크의 간섭 상황에서, 제1 기지국(a)에서 받은 신호(y^a)는 수학식 1과 같이 나타낸다.

수학식 1

$$y^a = \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_{\alpha k}^a \mathbf{v}_{\alpha k} x_{\alpha k} + \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_{\beta k}^a \mathbf{v}_{\beta k} x_{\beta k} + \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_{\gamma k}^a \mathbf{v}_{\gamma k} x_{\gamma k} + \mathbf{w}^a.$$

[0028]

[0029] 여기서, K는 각 셀 내의 이동국 수이다. 또한, $\mathbf{H}_{ik}^j \in \mathbb{C}^{n \times n}$ 은 특정 셀(i)에 위치하는 이동국(k)과 기지국(j) 간의 채널이고, 각 대각 성분이 채널의 주파수 응답으로 이루어진 대각 행렬이다. $\mathbf{v}_{ik} \in \mathbb{C}^{n \times 1}$ 는 특정 셀(i)에 위치하는 이동국(k)의 송신 벡터이고 $x_{ik} \in \mathbb{C}$ 는 전송 심볼, $\mathbf{w}^j \in \mathbb{C}^{n \times 1}$ 은 기지국(j)에서의 부가 가우시안 잡음이다. 또한, $n = (\sqrt{K} + 1)^2$ 은 전체 신호가 차지하는 공간의 차원이다.

[0030] 이때, 각 이동국(k)은 자신이 속한 셀의 채널과 인접 셀의 기지국과의 채널을 알고 있다고 가정하고 수학식 2와 같이 채널을 분리한다.

수학식 2

$$\mathbf{H}_{ik}^j = \mathbf{H}_{ik}^{j,2} \otimes \mathbf{H}_{ik}^{j,1}.$$

[0031]

[0032] 다음, 송신 벡터를 수학식 3과 같이 생성한다.

수학식 3

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_{\alpha k}^1 &= (\mathbf{H}_{\alpha k}^{b,1})^{-1} \mathbf{v}_r, \quad \mathbf{v}_{\alpha k}^2 = (\mathbf{H}_{\alpha k}^{c,2})^{-1} \mathbf{v}_r, \\ \mathbf{v}_{\beta k}^1 &= (\mathbf{H}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r, \quad \mathbf{v}_{\beta k}^2 = (\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_r, \\ \mathbf{v}_{\gamma k}^1 &= (\mathbf{H}_{\gamma k}^{a,1})^{-1} \mathbf{v}_r, \quad \mathbf{v}_{\gamma k}^2 = (\mathbf{H}_{\gamma k}^{b,2})^{-1} \mathbf{v}_r. \end{aligned}$$

[0033]

[0034] 여기서, $\mathbf{v}_{ik} = \mathbf{v}_{ik}^2 \otimes \mathbf{v}_{ik}^1$ 이다.

[0035] 상기 수학식 2와 수학식 3을 이용하여, 제1 기지국(a)에서 받은 신호($\mathbf{y}^a$)는 수학식 4와 같이 나타낸다.

수학식 4

$$\begin{aligned} \mathbf{y}^a &= \sum_{k=1}^K [\{\mathbf{H}_{\alpha k}^{a,2} (\mathbf{H}_{\alpha k}^{c,2})^{-1} \mathbf{v}_r\} \otimes \{\mathbf{H}_{\alpha k}^{a,1} (\mathbf{H}_{\alpha k}^{b,1})^{-1} \mathbf{v}_r\}] x_{\alpha k} \\ &+ \sum_{k=1}^K [\mathbf{v}_r \otimes \{\mathbf{H}_{\beta k}^{a,1} (\mathbf{H}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r\}] x_{\beta k} \\ &+ \sum_{k=1}^K [\{\mathbf{H}_{\gamma k}^{a,2} (\mathbf{H}_{\gamma k}^{b,2})^{-1} \mathbf{v}_r\} \otimes \mathbf{v}_r] x_{\gamma k} + \mathbf{w}^a. \end{aligned}$$

[0036]

[0037] 여기서, 두 번째 항과 세 번째 항은 인접 셀로부터의 간섭이다. 또한, 수신단에서 $\mathbf{v}_r \otimes \mathbf{v}_r$ 과 직교하는 임의의 벡터를 곱해줌으로써 간섭을 정렬할 수 있다.

[0038] 즉, 부분공간 간섭 정렬은 각 이동국의 채널 행렬을 크로네커 곱으로 이루어진 두 개의 행렬로 분해하여 간섭 정렬을 수행한다. 반면에, 채널 분리 또는 채널 추정에 오차가 발생하거나 전송 채널이 변화하는 경우에는 정렬이 완벽히 이루어지지 않는 문제점이 있다.

[0039] 다음, 부분공간 간섭 정렬에서 발생하는 상기 채널 분리 시 발생하는 오차에 대하여 아래와 같이 설명한다.

2. 부분공간 간섭 정렬에서의 채널 분리 오차

[0041] 먼저, 단일 경로 채널은 플랫 페이딩(flat-fading) 채널이므로, 오차 없이 분리가 가능하다. 그러나, 다중 경로 채널은 주파수 선택적 페이딩(frequency-selective fading)이 일어나므로, 수학식 2와 같이 분리하기가 어려운 문제점이 있다.

[0042] 이러한 문제점을 해결하기 위하여, NKP(Nearest Kronecker product Problem)를 이용하여 다중 경로 채널을 분리할 수 있다.

[0043] 반면에, NKP를 이용하여 다중 경로 채널을 분리하는 방법은 채널이 완벽하게 분리되지 않고, 오차가 발생한다.

이렇게 채널을 분리하는 경우 오차가 발생할 때, 즉, $\mathbf{H}_{ik}^j \neq \mathbf{H}_{ik}^{j,2} \otimes \mathbf{H}_{ik}^{j,1}$ 일 때, 간섭 벡터는 다음과 같다.

[0044] 예를 들어, 제1 기지국(a)을 기준 기지국으로 설정한 경우, 제2 셀(β)로부터 간섭 벡터를 수신한다. 구체적인

로, 제2 셀(β)에 위치하는 사용자 즉, 특정 이동국(k)은 수학적 식 5와 같이 채널을 분리한다.

수학적 식 5

$$\begin{aligned}\mathbf{H}_{\beta k}^a + \delta_{\beta k}^a &= \tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{a,2} \otimes \tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{a,1} \\ \mathbf{H}_{\beta k}^b + \delta_{\beta k}^b &= \tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{b,2} \otimes \tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{b,1} \\ \mathbf{H}_{\beta k}^c + \delta_{\beta k}^c &= \tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{c,2} \otimes \tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{c,1}\end{aligned}$$

여기서, $\tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{a,2}$ 는 오차가 발생했을 때 분리된 채널 값이고, $\delta_{\beta k}^a$ 는 분해된 채널 값을 이용하여 크로네커 곱을 계산한 값과 실제 채널 값 사이의 차이이다. 이때, 송신 벡터는 수학적 식 6과 같이 나타낸다.

수학적 식 6

$$\begin{aligned}\mathbf{v}_{\beta k}^1 &= (\tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r \\ \mathbf{v}_{\beta k}^2 &= (\tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_r\end{aligned}$$

다음, 제2 셀(β)로부터 수신한 간섭 벡터는 수학적 식 7과 같이 나타낸다.

수학적 식 7

$$\sum_{k=1}^K \{ \mathbf{H}_{\beta k}^{a,2} (\tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_r \} \otimes \{ \mathbf{H}_{\beta k}^{a,1} (\tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r \}$$

채널을 분리하는 경우 오차가 발생하지 않으면, 간섭 벡터의 좌향은 $\mathbf{v}_r$ 만 남게 된다. 그러면, 간섭 벡터는 $(\sqrt{K} + 1)$ 차원 부분공간 내에 존재한다.

반면에, 그러나 채널을 분리하는 경우 오차가 발생하면, 간섭 벡터의 좌향은 $\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2} \neq \tilde{\mathbf{H}}_{\beta k}^{a,2}$ 이다.

그러면, 간섭 신호는 수학적 식 4와 같이, $(\sqrt{K} + 1)$ 차원 부분공간으로 정렬되지 않고, 수신하고자 하는 신호와 섞인다.

다음, 채널 추정 오차에 대하여 아래와 같이 설명한다.

3. 채널 추정 오차

[0054] 먼저, TDD(Time Division Duplex) 통신 시스템에서는 신호를 수신하는 경우에 추정되는 채널 정보를 이용하여 송신 벡터를 생성한다. 이때, 실제로 채널을 추정하는 경우에는 파일럿(pilot)간의 선형 보간법을 이용하므로, 채널 추정값이 다르다. 또한, 시간에 따라 채널이 변화하므로, 송신 벡터와 실제 송신 채널이 다른 경우가 발생한다. 이때, 채널 추정 오차는 수학식 8과 같이 나타낸다.

수학식 8

$$\hat{\mathbf{H}}_{ik}^j = \mathbf{H}_{ik}^j + \boldsymbol{\varepsilon}_{ik}^j$$

[0055]

[0056] 이때, 각 이동국에 의해 분리된 채널은 수학식 9와 같이 나타낸다. 또한, 송신 벡터는 수학식 10과 같이 나타낸다.

수학식 9

$$\hat{\mathbf{H}}_{ik}^j = \left(\mathbf{H}_{ik}^{j,2} + \boldsymbol{\varepsilon}_{ik}^{j,2} \right) \otimes \left(\mathbf{H}_{ik}^{j,1} + \boldsymbol{\varepsilon}_{ik}^{j,1} \right).$$

[0057]

수학식 10

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_{\beta k}^1 &= (\mathbf{H}_{\beta k}^{c,1} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r \\ \mathbf{v}_{\beta k}^2 &= (\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_r \end{aligned}$$

[0058]

[0059] 여기서, $\boldsymbol{\varepsilon}_{ik}^{j,2}$ 는 실제 채널을 분리한 값과 추정된 채널을 분리한 값의 차이다.

[0060] 반면에, 채널이 완벽하게 분리된다고 가정하는 경우, 제2 셀(β)에서 제1 기지국(a)에 영향을 미치는 간섭 신호는 수학식 11과 같다.

수학식 11

$$\sum_{k=1}^K \{ \mathbf{H}_{\beta k}^{a,2} (\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_r \} \otimes \{ \mathbf{H}_{\beta k}^{a,1} (\mathbf{H}_{\beta k}^{c,1} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r \}$$

[0061]

[0062] 이때, 채널 추정 오차가 없는 경우, 수학식 11의 좌항은 참조 벡터 $\mathbf{v}_r$ 만 남게 된다. 그러면, 제2 셀(β)로

부터의 간섭 신호는 $(\sqrt{K} + 1)$ 차원의 부분공간 내에만 존재한다. 또한, 간섭 벡터는 $n = (\sqrt{K} + 1)^2$ 차원을 갖는 전체 신호공간에 존재하게 되어, 원하는 신호와 간섭 신호가 전체 신호공간에 존재하게 되어 간섭 정렬이 완벽하게 이루어지지 않는다.

[0063] 따라서, 채널 추정 오차로 인하여 발생하는 문제도 채널 분리 문제와 동일한 문제로 나타날 수 있다.

[0064] 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 직교하는 참조 벡터를 이용하는 부분공간 간섭 정렬 방법을 아래와 같이 설명한다.

[0065] 4. 직교하는 참조 벡터를 이용하는 부분공간 간섭 정렬 방법

[0066] 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법은 각 셀 마다 서로 직교하는 참조 벡터를 이용하여 채널 분리 문제에 따른 간섭의 영향을 줄일 수 있다.

[0067] 먼저, 각 셀 별로 사용할 참조 벡터는 수학식 12와 같이 설정한다.

수학식 12

$$[0068] \mathbf{v}_{r\alpha} \perp \mathbf{v}_{r\beta} \perp \mathbf{v}_{r\gamma}, \quad \|\mathbf{v}_{ri}\| = 1, \quad \forall i \in \{\alpha, \beta, \gamma\}$$

[0069] 각 이동국은 수학식 12와 같은 참조 벡터를 이용하여 송신 벡터를 설정한다. 여기서, 설정된 송신 벡터는 수학식 13과 같이 나타낸다.

수학식 13

$$[0070] \begin{aligned} \mathbf{v}_{\alpha k}^1 &= (\mathbf{H}_{\alpha k}^{b,1})^{-1} \mathbf{v}_{r\alpha}, & \mathbf{v}_{\alpha k}^2 &= (\mathbf{H}_{\alpha k}^{c,2})^{-1} \mathbf{v}_{r\alpha}, \\ \mathbf{v}_{\beta k}^1 &= (\mathbf{H}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_{r\beta}, & \mathbf{v}_{\beta k}^2 &= (\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_{r\beta}, \\ \mathbf{v}_{\gamma k}^1 &= (\mathbf{H}_{\gamma k}^{a,1})^{-1} \mathbf{v}_{r\gamma}, & \mathbf{v}_{\gamma k}^2 &= (\mathbf{H}_{\gamma k}^{b,2})^{-1} \mathbf{v}_{r\gamma}, \end{aligned}$$

[0071] 수학식 13과 같은 송신 벡터를 이용하는 경우, 제1 기지국(a)이 제2 셀(β)로부터 수신한 간섭 신호는 수학식 14와 같이 나타낸다.

수학식 14

$$[0072] \sum_{k=1}^K [(\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\beta k}^{a,2})(\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_{r\beta} \otimes \{(\mathbf{H}_{\beta k}^{a,1} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\beta k}^{c,1})(\mathbf{H}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_{r\beta}\}] \mathbf{x}_{\beta k}$$

[0073] 여기서, $\boldsymbol{\varepsilon}_{ik}^{j,2}$ 는 실제 채널을 분리한 값과 추정된 채널을 분리한 값의 차이이다.

[0074] 다음, 각 셀의 참조 벡터의 크로네커 곱을 이용하여 수신 벡터를 생성한다. 여기서, 수신 벡터는 수학식 15와 같이 나타낸다.

수학식 15

$$\mathbf{u}_\alpha = (\mathbf{v}_{r\alpha} \otimes \mathbf{v}_{r\alpha})$$

제1 기지국(a)에서는 수학식 15와 같은 수신 벡터를 이용하여, 수학식 14의 좌항을 수학식 16과 같이 나타낸다.

수학식 16

$$\begin{aligned} & \mathbf{v}_{r\alpha}^H (\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\beta k}^{a,2}) (\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_{r\beta} \\ &= \mathbf{v}_{r\alpha}^H \mathbf{v}_{r\beta} + \mathbf{v}_{r\alpha}^H \boldsymbol{\varepsilon}_{\beta k}^{a,2} (\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_{r\beta} \\ &= \mathbf{v}_{r\alpha}^H \boldsymbol{\varepsilon}_{\beta k}^{a,2} (\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_{r\beta} \end{aligned}$$

이때, 간섭 신호는 오차 항으로 인하여 수학식 14의 우항에 해당하는 $(\sqrt{K} + 1)$ 차원 부분 공간으로 정렬되지 않고, 전체 $(\sqrt{K} + 1)^2$ 차원 공간으로 퍼진다. 반면에, 간섭 신호는 설정된 참조 벡터가 $\mathbf{v}_{r\alpha} \perp \mathbf{v}_{r\beta}$ 이므로, 참조 벡터가 $\mathbf{v}_{r\alpha} = \mathbf{v}_{r\beta}$ 인 경우보다 작아진다.

따라서, 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법은 인접 셀의 의한 간섭이 추가로 억제된다. 또한, 채널 추정 오차 또는 채널 분리 오차가 발생했을 때 추가적인 연산 없이 이를 개선할 수 있다.

이상 구체적인 설명을 토대로 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 시스템 및 그 방법을 도 2 내지 도 3을 참조하여 설명한다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 시스템을 개략적으로 나타내는 도면이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 2를 참고하면, 부분공간 간섭 정렬 시스템은 분리부(100), 제1 설정부(200), 제2 설정부(300), 신호 전송부(400) 및 수신 벡터부(500)를 포함한다. 이러한 부분공간 간섭 정렬 시스템은 이동국에 적용할 수 있으며, 이에 한정하지 않는다. 이때, 이동국은 자신이 위치하는 셀에서 신호(y^a)를 수신한다.

분리부(100)는 이동국 자신이 속한 셀의 채널과 인접 셀의 기지국과의 채널을 알고 있다고 가정하고, 채널을 수학식 2와 같이 분리한다(S301).

제1 설정부(200)는 각 셀 별로 사용할 참조 벡터를 수학식 12와 같이 설정한다(S302).

제2 설정부(300)는 설정한 참조 벡터를 이용하여 각 이동국에 해당하는 송신 벡터를 수학식 13과 같이 설정한다(S303).

신호 전송부(400)는 설정한 송신 벡터를 이용하여 각 이동국이 자신이 속한 셀의 기지국으로 신호를 전송한다(S304). 이때, 신호 전송부(400)에서는 자신이 속한 셀의 기지국 뿐만 아니라 인접한 셀의 기지국으로도 전송하게 되어 간섭을 미친다.

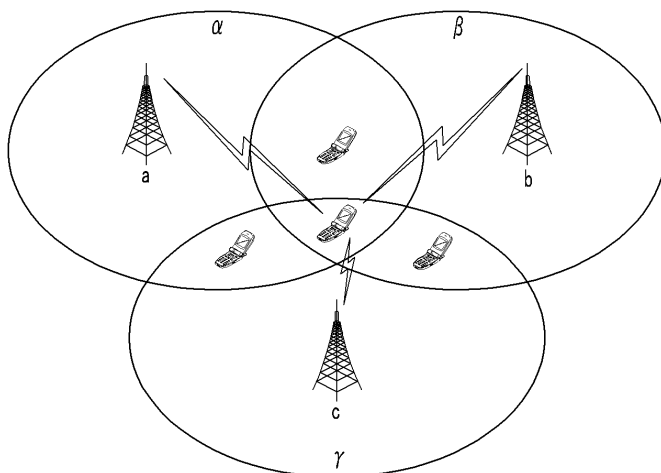
수신 벡터부(500)는 각 셀의 참조 벡터의 크로네커 곱을 이용하여 수신 벡터를 생성하고(S305), 생성한 수신 벡터를 이용하여 상기 간섭 신호에 해당하는 부분공간을 정렬한다(S306).

즉, 부분공간 간섭 정렬 방법은 각 셀마다 서로 직교하는 참조 벡터를 사용하여 보다 효율적으로 부분공간 간섭 정렬을 할 수 있다.

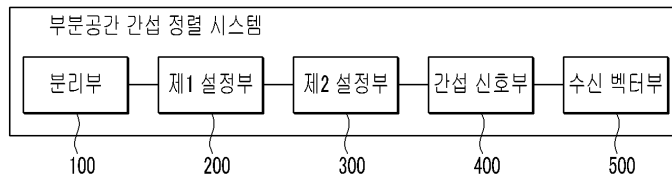
- [0089] 다음, 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법의 합용량을 도 4a 내지 도 4b를 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0090] 도 4a 내지 도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법의 합용량을 나타내는 도면이다.
- [0091] 먼저, 도 4a 내지 도 4b를 참고하면, 가로축은 기지국이 각 이동국로부터 받은 신호에 대한 잡음비(signal to noise ratio, 이하 "SNR"라고 함)이며, 세로축은 부분공간 간섭 정렬 방법의 합용량(SUM-rate capacity)이다.
- [0092] 도 4a를 참고하면, 채널 추정 오차의 분산이 -10dB 인 경우, 직교하는 참조 벡터를 이용하는 부분공간 간섭 정렬 방법에 대응하는 합용량 변화를 나타낸다.
- [0093] 각 이동국의 SNR이 20dB 일 때, 채널 추정이 완벽하게 수행되는 경우(Perfect estimation)의 합용량은 약 17bps/Hz 이다. 반면에, 종래의 부분공간 간섭 정렬 방법을 적용한 경우에는 합용량이 7.3bps/Hz 로 감소한다.
- [0094] 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법을 사용하는 경우의 합용량은 9.4bps/Hz 로, 종래의 방법을 적용한 경우보다 약 28.8% 향상되었다. 이는 본 발명의 실시예에 따른 방법이 송신 벡터를 토대로 생성된 부분 공간이 직교하므로, 간섭의 영향을 상대적으로 적게 받았기 때문이다.
- [0095] 도 4b를 참고하면, 채널 추정 오차의 분산이 -30dB 인 경우, 직교하는 참조 벡터를 이용하는 부분공간 간섭 정렬 방법에 대응하는 합용량 변화를 나타낸다.
- [0096] 각 이동국의 SNR이 20dB 일 때, 종래의 부분공간 간섭 정렬 방법을 적용한 경우의 합용량은 7.5bps/Hz 이다. 반면에, 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법을 사용하는 경우의 합용량은 13.3bps/Hz 로, 종래의 방법을 적용한 경우보다 약 77.3% 향상되었다.
- [0097] 이로써, 본 발명의 실시예에 따른 부분공간 간섭 정렬 방법은 각 셀 마다 직교하는 참조 벡터를 사용하여, 송신 벡터를 통해 생성된 부분공간 자체가 서로 직교하기 때문에 종래의 동일한 참조 벡터를 사용하는 경우 보다 간섭의 영향을 줄일 수 있다.
- [0098] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.
- [0099] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

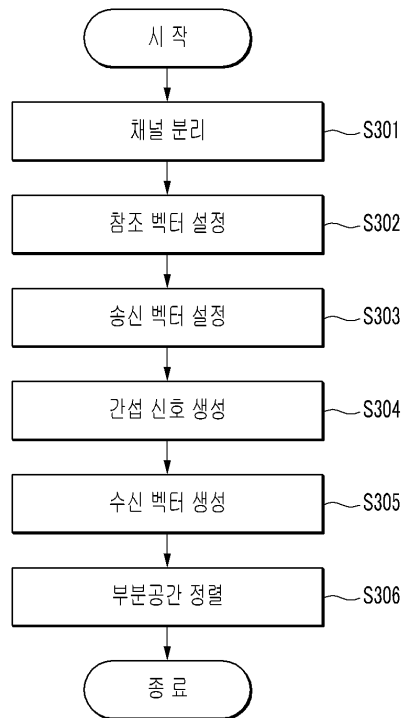
도면1



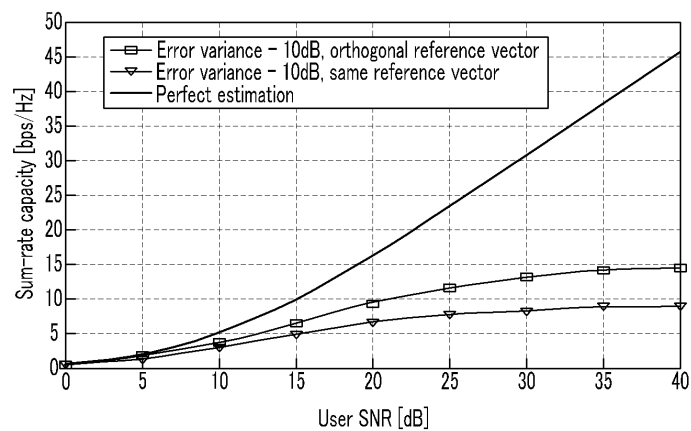
도면2



도면3



도면4a



도면4b

